



REC'D 10 DEC 1999	
WIPO	PCT

EP 99/6800

Bescheinigung

EJU

Die LuK Fahrzeug-Hydraulik GmbH & Co KG in Bad Homburg/Deutschland hat
eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung verschleißfester
Oberflächen"

am 16. September 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüngli-
chen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
C 25 D 21/10 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 20. Oktober 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Profsky

Aktenzeichen: 198 42 284.9



Gleiss & Große

Patentanwälte
München Stuttgart

Dr. jur. Alf-Olav Gleiss, Dipl.-Ing.
Rainer Große, Dipl.-Ing.
Dr. Frhr. v. Uexküll, Dipl.-Chem.
Dr. Andreas Schrell, Dipl.-Biol.
Dr. Wilhelm Heuer, Dipl.-Phys.

European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys

Torsten Krüger, Rechtsanwalt

D-70469 **STUTT GART**
MAYBACHSTRASSE 6A
Telefon: +49(0)711 81 45 55
Telefax: +49(0)711 81 30 32
Telex: 72 27 72 jura d
e-mail: jurapat@aol.com

D-80469 **MÜNCHEN**
MORASSISTRASSE 20
Telefon: +49(0)89 21578080
Telefax: +49(0)89 21578090
e-mail: GGpat@aol.com

Patentanmeldung

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung verschleißfester Oberflächen

LuK
Fahrzeug-Hydraulik GmbH & Co. KG
Georg-Schaeffler Straße 3
61352 BAD HOMBURG

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen gemäß Oberbegriff des Anspruchs 6.

Verfahren und Vorrichtungen der hier angesprochenen Art sind bekannt. Sie dienen beispielsweise dazu, eine aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung bestehende Oberfläche, zum Beispiel eine Bohroberfläche, mit einer Oxidschicht zu versehen. Zur Durchführung des bekannten Beschichtungsprozesses wird das Werkstück mit dem Pluspol einer Spannungsquelle verbunden, bildet also die Anode. Eine mit dem Minuspol verbundene Bleiplatte bildet die Kathode, die in die Bohrung eingebracht wird. In die von dem Werkstück und der Kathode begrenzten Kammer wird ein Elektrolyt, hier verdünnte Schwefelsäure, eingeleitet. Die Kammer weist einen Zulauf und einen Ablauf auf und wird von dem Elektrolyt in einer Richtung durchströmt. Es hat sich als nachteilig herausgestellt, daß die Schichtstärke der Aluminiumoxidschicht über die zu beschichtende Oberfläche unterschiedlich ist, das heißt, auf einer Seite des Werkstücks ist die Schichtdicke der Oxidschicht größer als auf der anderen Seite. Dadurch können

M 27.1.99

-2-

gewünschte Formtoleranzen der Oberfläche nicht in allen Fällen eingehalten werden, so daß die beschichtete Oberfläche nachgearbeitet werden muß, zum Beispiel durch Schleifen, Honen, um eine hohe Maß- und Formgenauigkeit zu erzielen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die diese Nachteile nicht aufweisen.

Zur Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe wird ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Dieses zeichnet sich dadurch aus, daß die Strömungsrichtung des Elektrolyts während des Beschichtungsprozesses wenigstens einmal umgekehrt wird. Durch die Umkehrung der Flußrichtung des Elektrolyts zu einem vorzugsweise genau definierbaren Zeitpunkt ist eine gezielte Beeinflussung der Schichtstärkenverteilung und der gewünschten Sollmaße möglich, das heißt, die Dicke der durch die Elektrolyse erzeugten verschleißfesten Schicht ist einstellbar. Hierdurch kann die Form der zu beschichtenden Oberfläche, also beispielsweise die Konizität einer Bohrung oder die Ebenheit einer Platte beeinflußt werden.

Besonders bevorzugt wird eine Ausführungsform des Verfahrens, bei dem zumindest die zu beschichtende Oberfläche aus Aluminium besteht oder eine Aluminiumlegierung ist, und daß sich daran eine Oxidschicht bildet, die auch als Eloxalschicht bezeichnet wird. Diese Form der Elektrolyse wird auch als Anodisieren beziehungsweise anodisches Oxidieren bezeichnet, bei dem das zu beschichtende Werkstück

11.27.99

-3-

als Anode und eine beispielsweise Bleiplatte als Kathode dienen, die in einen Reaktionsraum eingebracht sind beziehungsweise an diesen angrenzen. Der Reaktionsraum wird von einem Elektrolyt, beispielsweise verdünnte Schwefelsäure, durchströmt.

Die durch das Anodisieren erzeugte Eloxalschicht ist hart und gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens ist die zu beschichtende Oberfläche gekrümmt, insbesondere zylindrisch, oder plan. Durch die gezielte Umkehrung der Strömungsrichtung des Elektrolyts kann also sowohl bei gewölbten als auch ebenen Flächen deren Form und/oder deren Sollmaß beeinflusst werden. Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren bei der Beschichtung einer Durchgangs- oder Sackbohrung, an deren Maß- und Formgenauigkeit hohe Anforderungen gestellt werden, wie zum Beispiel einer Bohrung für einen Ventilkolben einer in einem Fahrzeug eingesetzten Fördereinrichtung. Eine Bohrung weist in vielen Fällen nach ihrer Fertigstellung anstelle einer zylindrischen eine konische Form auf, die beim Beschichten der Oberfläche durch die gezielte Umkehrung der Strömungsrichtung des Elektrolyts ausgeglichen beziehungsweise behoben werden kann. Ferner kann mit Hilfe des oben beschriebenen Verfahrens die Form von ebenen Oberflächen durch die Beeinflussung der Schichtstärkenverteilung gezielt verändert, insbesondere eingestellt werden. Dadurch sind ebene Oberflächen herstellbar, die eine hohe Maßgenauigkeit aufweisen.

Zur Lösung der Aufgabe wird auch eine Vorrichtung vorgeschlagen, die die Merkmale des Anspruchs 6 aufweist. Diese umfaßt einen mit mindestens zwei Verbindungsleitungen verbundenen Reaktionsraum, von denen eine erste Verbindungsleitung als Zulauf und eine zweite Verbindungsleitung als Ablauf für einen mittels einer Fördereinrichtung transportierbaren Elektrolyt dienen. In den Reaktionsraum wird das zu beschichtende Werkstück beziehungsweise die mindestens eine Oberfläche eingebracht, zumindest in Kontakt mit dem Elektrolyt gebracht. Es ist auch möglich, daß das Werkstück einen Teil des Reaktionsraums begrenzt beziehungsweise bildet. Dies ist zum Beispiel bei einem Werkstück mit einer zu beschichtenden Bohrung möglich. In die Bohrung, deren Oberfläche beschichtet werden soll, wird eine Elektrode eingebracht. In dem Reaktionsraum befinden sich mindestens eine Anode und eine Kathode beziehungsweise das Werkstück wird mit einem der beiden Pole einer Spannungsquelle verbunden und bildet somit die Anode oder die Kathode. Die Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß im Strömungspfad des Elektrolyts eine Umschalteneinrichtung, zum Beispiel ein Wegeventil, vorgesehen ist, mit deren Hilfe der Zulauf und der Ablauf vertauschbar sind. Mit Hilfe der manuell oder automatisch schaltbaren Umschalteneinrichtung ist eine Umkehrung der Strömungsrichtung des Elektrolyts durch den Reaktionsraum zu einem definierten Zeitpunkt möglich, so daß eine konstante Schichtdicke oder unterschiedliche Schichtstärken auf der zu beschichtenden Oberfläche realisierbar sind. Hierdurch kann die Form der Oberfläche, zum Beispiel die einer Bohrung, Platte oder dergleichen, beeinflußt werden. Der Zulauf und der

M 27 . 11 . 99

-5-

Ablauf sind bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel derart zueinander beabstandet an den Reaktionsraum angeschlossen, daß das Elektrolyt vorzugsweise an der gesamten, zumindest aber an einem großen Teil der zu beschichtenden Fläche vorbeifließt.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Figuren jeweils einen Teil eines Werkstücks
2A bis 2C im Bereich einer Bohrung und

Figuren jeweils eine perspektivische Ansicht
3A und 3B eines weiteren Ausführungsbeispiels der Vorrichtung.

Figur 1 zeigt eine Prinzipskizze eines ersten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung 1 zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen, hier einer in ein Werkstück 3 eingebrachten zylindrischen oder im wesentlichen zylindrischen Sackbohrung 5. In die Sackbohrung 5 ist eine mit einer nicht dargestellten Spannungsquelle verbundene, stabförmige Elektrode 7 eingesteckt, die einen ersten, durchmessergrößeren Längsabschnitt 9 und einen zweiten, durchmesserkleineren Längsabschnitt 11 aufweist. Der Durchmesser der Elektrode 7 im Be-

reich des ersten Längsabschnitts 9 entspricht im wesentlichen dem Durchmesser der Sackbohrung 5, während der Durchmesser des zweiten Längsabschnitts 11 kleiner ist als der der Sackbohrung, so daß zwischen der Sackbohrung 5 und der Elektrode 7 im Bereich des zweiten Längsabschnitts 11 ein Ringraum gebildet wird. Im Bereich des Längsabschnitts 11 ist in die Außenumfangsfläche der Elektrode 7 eine umlaufende Vertiefung eingebracht, in der eine Dichtung 13 angeordnet ist, mit deren Hilfe die Sackbohrung 5 gegenüber der Umgebung abgedichtet ist. Die Öffnung der Sackbohrung 5 ist also durch die Elektrode 7 verschlossen, wodurch eine einen Reaktionsraum bildende, geschlossene Kammer entsteht.

In die Elektrode 7 ist eine zu deren Längsmittelachse 14 konzentrisch angeordnete Durchgangsöffnung 15 eingebracht, die an ihrem dem Grund der Sackbohrung 5 abgewandten Ende mit einer ersten Verbindungsleitung 17 verbunden ist. Im Bereich des ersten Längsabschnitts 9 sind zwei weitere in einem Abstand zur Längsmittelachse 14 angeordnete Durchgangsbohrungen 19 in die Elektrode 7 eingebracht, die mit einer zweiten Verbindungsleitung 21 verbunden sind. Die Verbindungsleitungen 17, 21 sind mit einer Umschalteneinrichtung verbunden, die hier von einem 4/2-Wegeventil 23 gebildet ist. An dem Wegeventil 23 ist eine direkt zu einem Behälter 25 für ein Elektrolyt führende Rücklaufleitung 27 und eine ebenfalls mit dem Behälter 25 verbundene Förderleitung 29 angeschlossen sind. Des weiteren ist eine hier von einer Pumpe 31 gebildete Fördereinrichtung vorgesehen, die das Elektrolyt aus dem Behälter 25

M 27.11.99

- 7 -

ansaugt und über die Förderleitung 29, das Wegeventil 23 und eine der Verbindungsleitungen 17, 21 zur Sackbohrung 5 fördert. Der Aufbau und die Funktion eines 4/2-Wegeventils 23 ist an sich bekannt, so daß dieses nicht näher beschrieben wird.

Die konstruktive Ausgestaltung der hier rein beispielhaft von einem Wegeventil gebildeten Umschalt-einrichtung ist variierbar. Wichtig ist, daß mit Hilfe der Umschalt-einrichtung die Flußrichtung des Elektrolyts im Reaktionsraum umgekehrt werden kann.

Im folgenden wird davon ausgegangen, daß das Werkstück 3 aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht und daß die Vorrichtung 1 zum Hartanodisieren der Oberfläche der Sackbohrung 5 dient. Bei diesem Elektrolyseverfahren dient das Werkstück 3 als Anode und ist hierzu mit dem Pluspol der Spannungsquelle verbunden, während die in die Sackbohrung 5 hineinragende, zum Beispiel aus Blei bestehende Elektrode 7 mit dem Minuspol der Spannungsquelle verbunden ist, also als Kathode dient. Als Elektrolyt kann bei diesem Verfahren beispielsweise verdünnte Schwefelsäure verwendet werden.

In der in der Figur 1 dargestellten Funktionsstellung des vier Anschlüsse und zwei Schaltstellungen aufweisenden Wegeventils 23 wird das mittels der Pumpe 31 aus dem Behälter 25 angesaugte Elektrolyt über die Förderleitung 29, die erste Verbindungsleitung 17 und die in der Elektrode 7 in deren mittleren Bereich angebrachte Durchgangsöffnung 15 in den von der Sackbohrung 5 und der Elektrode 7 begrenzten, gegenüber der Umgebung abgeschlossenen

11.27.11.99

-8-

Ringraum eingebracht. Das unmittelbar über dem Grund der Sackbohrung 5 aus der Durchgangsöffnung 15 austretende Elektrolyt fließt entlang der Elektrode 7 beziehungsweise der Bohrungsoberfläche in Richtung der durch den ersten Längsabschnitt 9 der Elektrode 7 verschlossenen Öffnung der Sackbohrung und wird über die beiden Durchgangsbohrungen 19, die zweite Verbindungsleitung 21 und die Rücklaufleitung 27 in den Behälter 25 zurückgeführt. Zu einem genau definierten Zeitpunkt wird das Wegeventil 23 manuell oder automatisch in seine zweite Funktionsstellung verlagert. Hierdurch wird die Flußrichtung des Elektrolyts umgekehrt, das heißt, die Verbindungsleitung 17 wird mit der Rücklaufleitung 27 und die zweite Verbindungsleitung 21 mit der Förderleitung 29 verbunden. Das von der Pumpe 31 aus dem Behälter 25 geförderte Elektrolyt tritt nun durch die Durchgangsbohrungen 19 in die Sackbohrung 5 ein, fließt entlang der Bohrungsoberfläche in Richtung des Grunds der Sackbohrung und wird über die Durchgangsöffnung 15 in der Elektrode 7, die erste Verbindungsleitung 17 sowie die Rücklaufleitung 27 in den Behälter 25 zurückgeführt.

Zur Funktion des Elektrolyseverfahrens: Fließt einige Zeit Gleichstrom durch das Bad, das heißt durch den Elektrolyt, der durch den von der Sackbohrung begrenzten Reaktionsraum beziehungsweise die gegenüber der Umgebung geschlossene Kammer strömt, so entsteht an der Anode, hier also an der Bohrungsoberfläche, Sauerstoff, der sich mit dem Aluminium zu einer festhaftenden Oxidschicht (Al_2O_3), der sogenannten Eloxalschicht, verbindet. Durch die gezielte Wahl des Umkehrzeitpunktes der

11.27.11.99

- 9 -

Flußrichtung des Elektrolyts kann die Schichtstärkenverteilung, das heißt die Dicke der hartanodisierten -in Figur 1 mit gestrichelter Linie dargestellten- Oberfläche 33 definiert beeinflusst werden. Dadurch ist es möglich, eine Konizität der Sackbohrung 5, die beispielsweise nach der Fertigstellung der Sackbohrung 5 vorliegt, auszugleichen. Das heißt, durch die mindestens eine Umkehrung der Strömungsrichtung des Elektrolyts während des Beschichtungsprozesses zu einem definierten Zeitpunkt wird erreicht, daß die Oxidschicht an dem den kleineren Durchmesser aufweisenden Ende der Bohrung eine geringere Dicke aufweist, als am anderen, den größeren Durchmesser aufweisenden Ende. Die Konizität der Bohrung, die bei einer Länge der Bohrung von 40 mm bis 50 mm zum Beispiel 6 µm beträgt, kann dadurch ausgeglichen werden, so daß die Bohrung nach dem Beschichtungsprozeß eine zylindrische Form aufweist.

Aus allem ergibt sich für das oben beschriebene Verfahren ohne weiteres, daß es insbesondere überall dort vorteilhaft einsetzbar ist, wo eine hohe Form- und/oder Maßgenauigkeit der zu beschichtenden Oberfläche gefordert ist, beispielsweise bei Ventilkolbenbohrungen in einer hydraulischen Förderereinrichtung, zum Beispiel Lenkhilfpumpe, für ein Fahrzeug.

Die Festlegung der Zeiten für die einzelnen Durchflußrichtungen, also die Bestimmung des Umkehrzeitpunkts der Flußrichtung des Elektrolyts, kann sowohl rechnerisch als auch empirisch durch einen Vergleich des Durchmessers der Bohrung vor und nach

dem Hartbeschichtungsprozeß erfolgen. Im folgenden wird anhand der Figuren 2A bis 2C, die jeweils einen Teil eines Werkstücks 3 im Bereich einer Durchgangsbohrung 35 zeigen, eine Methode zur Ermittlung des Umkehrzeitpunkts der Strömungsrichtung

beziehungsweise der Zeitdauer der einzelnen Durchflußrichtungen, näher erläutert. In Figur 2A ist die Durchgangsbohrung 35 nach deren Herstellung und vor dem Hartanodisieren und in Figur 2C nach dem Hartanodisieren dargestellt. In Figur 2B ist die Durchgangsbohrung 35 mit ihrem gewünschten Soll-durchmesser und kreiszylindrischen Form dargestellt. Zur Durchführung des oben beschriebenen Verfahrens zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen wird eine in den Figuren 2A bis 2C nicht dargestellte Vorrichtung eingesetzt, deren Aufbau sich von der anhand von Figur 1 beschriebenen dahingehend unterscheidet, daß die mit der zum Behälter führenden Rücklaufleitung und der mit der Pumpe verbundenen Förderleitung angeschlossenen Verbindungsleitungen, die den Zu- und Ablauf für das Elektrolyt bilden, jeweils mit einer Öffnung der Durchgangsbohrung 35 verbunden sind.

Wie aus Figur 2A ersichtlich, weist die Durchgangsbohrung 35 nach deren Herstellung eine konische Form auf, das heißt, der Durchmesser der Durchgangsbohrung im Bereich ihrer Öffnungen ist unterschiedlich. Der eine Durchmesser ist mit $\varnothing_{1\text{vor}}$ und der andere mit $\varnothing_{2\text{vor}}$ gekennzeichnet. Nach der Vorbearbeitung der Durchgangsbohrung 35 werden die Ist-Durchmesser $\varnothing_{1\text{vor}}$ und $\varnothing_{2\text{vor}}$ gemessen und daraus mittels folgender Beziehung die Eloxierzeit festgelegt beziehungsweise berechnet:

M 27 . 11 . 99

- 11 -

$$\Delta\varnothing = \varnothing_{\text{Soll}} - K(\varnothing_1 + \varnothing_2)/2,$$

wobei K eine empirisch oder rechnerisch ermittelbare Konstante oder ein Parameter ist. Nach dem Beschichten der Durchgangsbohrung 35 werden die Ist-Durchmesser $\varnothing_{1\text{nach}}$ und $\varnothing_{2\text{nach}}$ ermittelt. Die Zeiten für die einzelnen Durchflußrichtungen werden aus der Differenz von $\varnothing_{\text{vor}} - \varnothing_{\text{nach}}$ festgelegt beziehungsweise berechnet. Wie in Figur 2C dargestellt, ist der Durchmesserunterschied zwischen $\varnothing_{1\text{nach}}$ und $\varnothing_{2\text{nach}}$ geringer als vor dem Beschichtungsprozeß; die Konizität ist also bei diesem Ausführungsbeispiel weitgehend ausgeglichen. Die Konizität ist durch das oben beschriebene Verfahren zumindest besser ausgleichbar, als es durch das bekannte, auch als Dalic-Verfahren bezeichnete Fertigungsverfahren möglich ist.

Figuren 3A und 3B zeigen jeweils eine perspektivische Ansicht eines Teils eines weiteren Ausführungsbeispiels der Vorrichtung 1, bei dem das Werkstück 3 eine Platte ist, deren ebene beziehungsweise im wesentlichen ebene Oberfläche mit einer Oxidschicht zu versehen ist. Die rohrförmige, die Kathode bildende Elektrode 7 ist hierzu senkrecht oder im wesentlichen senkrecht und in einem Abstand zum Werkstück 3, das sich in einem Reaktionsraum, beispielsweise in einem Bad, befindet, der von einem Elektrolyt durchströmbar ist, gehalten. Beim Beschichtungsprozeß wird der flüssige Elektrolyt, zum Beispiel Schwefelsäure, eine definierte Zeitdauer über die Durchgangsöffnung in der Elektrode 7 auf die zu beschichtende Oberfläche des Werkstücks

3 aufgebracht (Figur 3A). Der Elektrolyt trifft im wesentlichen in der Mitte der Platte auf und fließt von dort -wie mit Pfeilen 37 angedeutet- in Richtung des Seitenrands des Werkstücks 3 ab. Zu einem gewünschten, empirisch oder rechnerisch ermittelten Zeitpunkt wird die Flußrichtung des Elektrolyts umgekehrt, so daß dieses vom Seitenrand des plattenförmigen Werkstücks 3 in dessen Mitte fließt und über die Durchgangsöffnung in der Elektrode 7 in den Behälter zurückgeführt wird.

Durch die einstellbare Zeitdauer der einzelnen Flußrichtungen kann hier die Form der planen Oberfläche des Werkstücks 3 beeinflusst und die Schichtdicke sowohl im Randbereich als auch im mittleren Bereich des Werkstücks 3 eingestellt werden. Dadurch können Unebenheiten auf der zu beschichtenden Oberfläche ausgeglichen werden.

Aus allem wird deutlich, daß im Zusammenhang mit der hier vorliegenden Erfindung unter einem "Reaktionsraum" sowohl eine geschlossene Kammer als auch ein Bad verstanden wird.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, daß mit dem oben beschriebenen Verfahren die Dicke der beim Beschichtungsprozeß erzeugten Schicht sowohl bei gekrümmten als auch bei ebenen Oberflächen beeinflussbar ist. Durch die Steuerung der Schichtdickenverteilung ist ferner eine gezielte Beeinflussung der Form der beschichteten Oberfläche möglich. Die Ausgestaltung der Vorrichtung zur Herstellung von beschichteten Oberflächen, beispielsweise die Form der beim Hartanodisieren die Kathode bildenden

M 27 11.99

- 13 -

Elektrode, der Zulauf- und Ablaufanschluß für das Elektrolyt und dergleichen, ist an die Form der zu beschichteten Oberfläche und/oder des Werkstücks angepaßt. Durch die exakte Schichtdickenverteilung kann auf eine Nachbearbeitung der beschichteten Oberfläche, um eine gewünschte Form und/oder ein exaktes Maß zu erhalten, gegebenenfalls verzichtet werden, da diese Parameter durch die präzise Steuerung der Zeitdauer der Strömungsrichtungen des Elektrolyts in vielen Fällen ausreichend genau einstellbar sind.

11.27.11.99

Gleiss & Große

Patentanwälte
München Stuttgart

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen, mit mindestens zwei mit einer Spannungsquelle verbundenen Elektroden, die in einen von einem Elektrolyt durchströmten Reaktionsraum, in dem sich die zu beschichtende Oberfläche befindet, eingebracht sind beziehungsweise an diesen angrenzen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strömungsrichtung des Elektrolyts während des Beschichtungsprozesses wenigstens einmal umgekehrt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die notwendige Formgenauigkeit der zu beschichtenden Oberfläche durch Einhalten bestimmter Durchflußzeiten eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zeitdauer, in der der Elektrolyt in eine bestimmte Richtung fließt, in Abhängigkeit der Form der Oberfläche des Werkstücks vor dem Beschichtungsvorgang festgelegt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest die zu beschichtende Oberfläche aus Aluminium besteht oder eine Aluminiumlegierung ist, und daß sich daran eine Oxidschicht (Al_2O_3) bildet.

11 27 11 99

-2-

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche gekrümmt, insbesondere zylindrisch, oder plan ist.

6. Vorrichtung zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen, mit einem mit mindestens zwei Verbindungsleitungen verbundenen Reaktionsraum, wobei eine erste Verbindungsleitung als Zulauf und eine zweite Verbindungsleitung als Ablauf für einen mit Hilfe einer Fördereinrichtung transportierbaren Elektrolyt dient, und mit mindestens zwei mit einer Spannungsquelle verbundenen Elektroden, die in den Reaktionsraum eingebracht sind beziehungsweise an diesen angrenzen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Strömungspfad des Elektrolyts eine Umschalteneinrichtung (Wegeventil (23)) vorgesehen ist, mit deren Hilfe der Zulauf und der Ablauf vertauschbar sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest die zu beschichtende Oberfläche aus Aluminium besteht oder eine Aluminiumlegung ist, und daß sich daran eine Oxidschicht (Al_2O_3) bildet.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die eine Elektrode (Anode) das zu beschichtende Werkstück (3) ist.

11.27.11.99

-3-

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche gekrümmt, insbesondere zylindrisch, oder plan ist.

M 27 11 99

Gleiss & Große

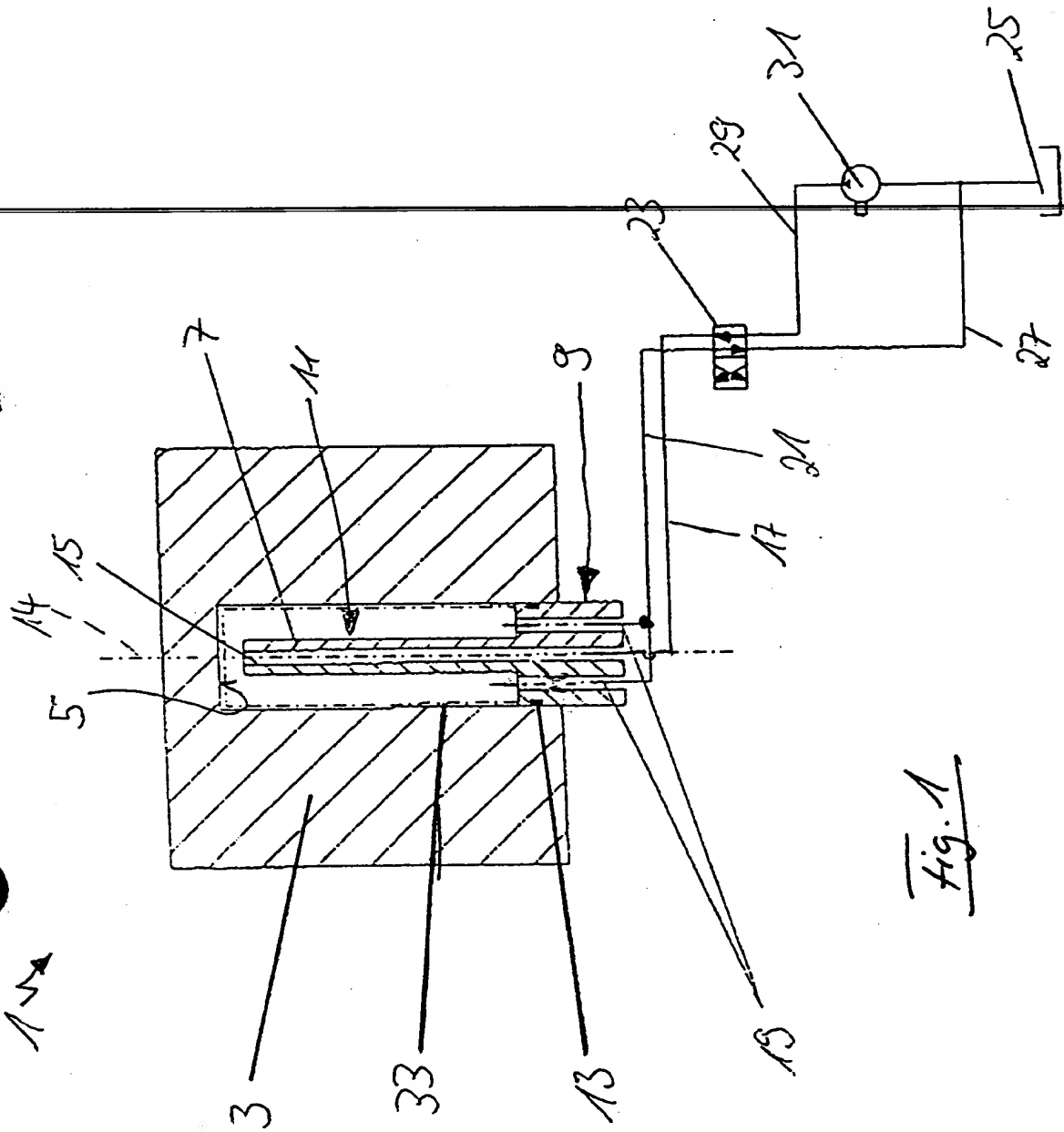
Patentanwälte
München Stuttgart

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung verschleißfester, beschichteter Oberflächen, mit mindestens zwei mit einer Spannungsquelle verbundenen Elektroden, die in einen von einem Elektrolyt durchströmten Reaktionsraum, in dem sich die zu beschichtende Oberfläche befindet, eingebracht sind beziehungsweise an diesen angrenzen, vorgeschlagen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß die Strömungsrichtung des Elektrolyts während des Beschichtungsprozesses wenigstens einmal umgekehrt wird.

(Figur 1)

427.11.99



M 27 11 99

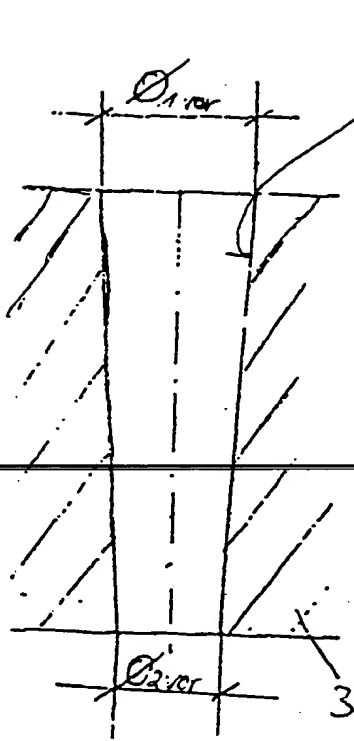


Fig. 2A

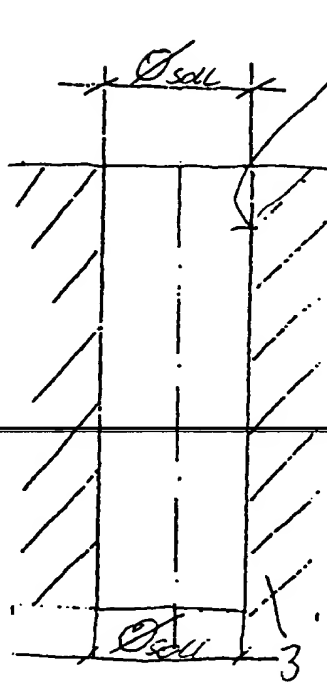


Fig. 2B

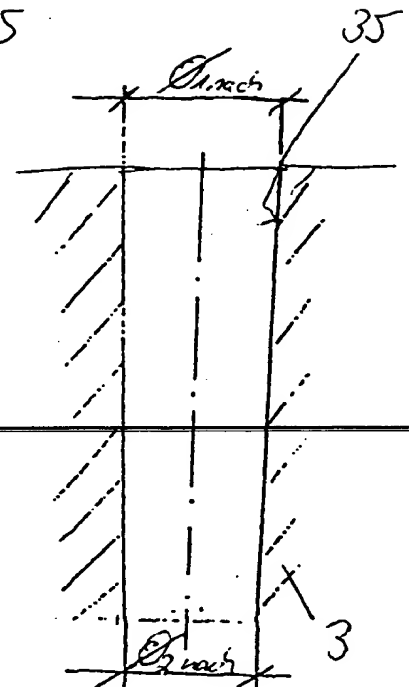


Fig. 2C

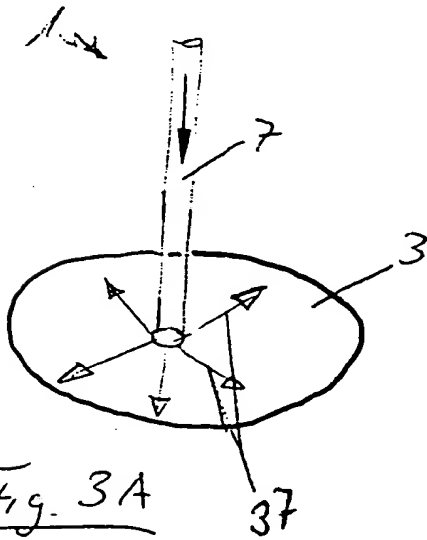


Fig. 3A

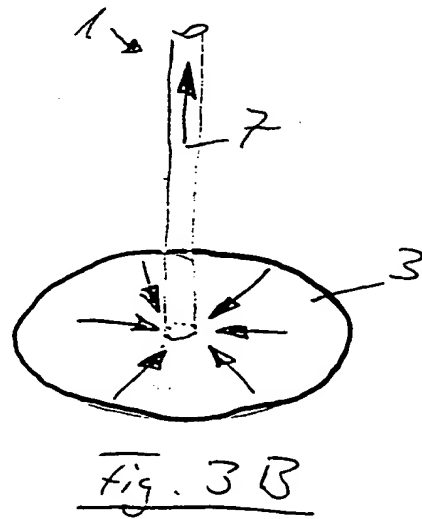


Fig. 3B

THIS PAGE BLANK